Aus der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
der Universitätsklinik und Poliklinik
für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten Würzburg

Direktor: Professor Dr. med. dent. R. Naujoks

UNTERSUCHUNG ÜBER

MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN VON AMALGAM

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde

vorgelegt von
Rosa Banschbach
aus Weilbach

Würzburg, den 15. Mai 1981

Aus der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
der Universitätsklinik und Poliklinik
für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten Würzburg

Direktor: Professor Dr. med. dent. R. Naujoks

UNTERSUCHUNG ÜBER
MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN VON AMALGAM

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde

vorgelegt von
Rosa Banschbach

aus Weilbach

Würzburg, den 15. Mai 1981

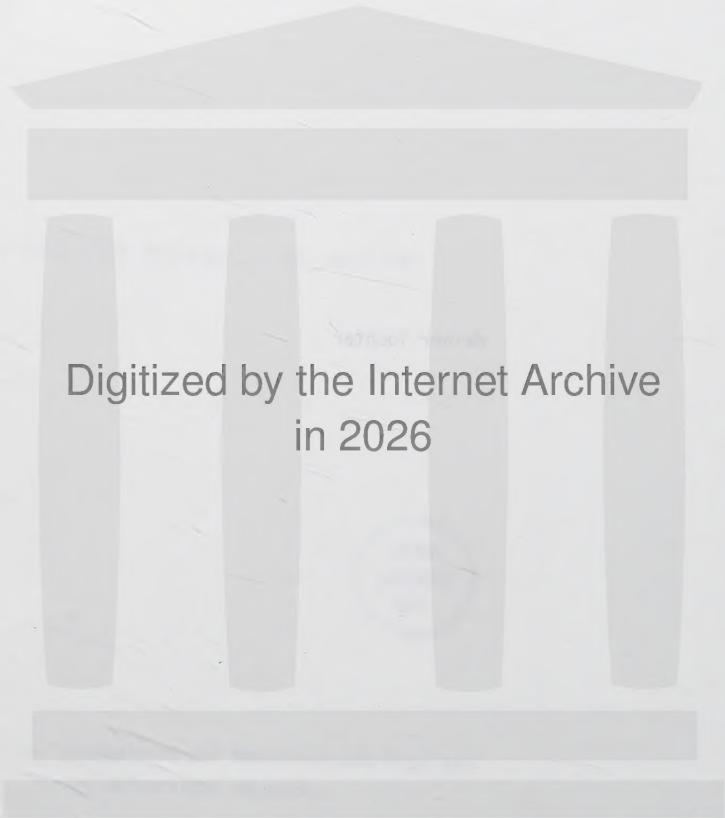
Referent:	Priv. Doz. Dr. med. dent. W. Wiedemann
Korreferent:	Professor Dr. med. dent. R. Naujoks
Dekan:	Professor Dr. med. K.-H. Wulf

Tag der mündlichen Prüfung: 28. Juli 1981

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Würzburg

Meiner Tochter


Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543520_0110

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. EINLEITUNG UND LITERATUROBERSICHT	1
II. AUFGABENSTELLUNG	9
III. MATERIAL UND METHODIK	10
A) Herstellen der Amalgamproben	10
B) Bearbeitung der Proben	10
C) Zerteilen der Proben	10
D) Einbetten der Blöckchen	11
IV. VERSUCHSDURCHFÜHRUNG UND ERGEBNISSE	12
A) Versuchsdurchführung (Oberfläche mit Al_2O_3 bearbeitet)	12
A_1) Ergebnisse	12
B) Versuchsdurchführung (Glasplattenseite)	16
B_1) Ergebnisse	16
C) Versuchsdurchführung (Oberfläche mit Wasser und Watte bearbeitet)	19
C_1) Ergebnisse	19
D) Versuchsdurchführung (Oberfläche poliert)	20
D_1) Ergebnisse (Oberfläche mit Kugelfinierer bearbeitet)	20
D_2) Ergebnisse (Oberfläche mit Kugelpolierer bearbeitet)	21
D_3) Ergebnisse (Oberfläche mit Gummipolierer bearbeitet)	23
E) Versuchsdurchführung nach Einwirkung chemischer Substanzen	24
E_1) Ergebnisse	24
F) Ergebnisse des Nachversuches	34
V. DISKUSSION	35
VI. ZUSAMMENFASSUNG	38
VII. LITERATURVERZEICHNIS	40

I. EINLEITUNG UND LITERATUROBERSICHT

Amalgam ist eines der meist verwendeten zahnärztlichen Werkstoffe. Da Füllungsmaterialien im Munde des Patienten in dauerndem Kontakt mit Speichel stehen, den verschiedenen Nahrungs- und Genußmitteln sowie Kaubelastungen ausgesetzt sind, werden von ihnen besondere Eigenschaften gefordert.

Die Verarbeitung der Füllungsmaterialien z.B. darf weder für den Patienten noch für den Behandler und seine Mitarbeiter schädlich sein. Zahnrestaurierungen sollen auch relativ leicht und schnell durchführbar sein.

Von Speichel und Nahrungsmitteln dürfen Füllungswerkstoffe chemisch nicht beeinflußt werden. Die Absorption von Wasser und anderen Flüssigkeiten könnte beispielsweise eine Dimensions- und mechanische Änderung verursachen.

Zahnärztliche Füllungsmaterialien müssen so formbar sein, daß sie an den präparierten Zahnoberflächen mit gleichbleibender Präzision adaptiert werden können.

Ihre Wärmeleitfähigkeit darf nicht wesentlich größer sein als die des Dentins, da sonst die Pulpa leichter irritiert wird.

Sie sollen unter Mundhöhlenbedingungen chemisch und elektrochemisch widerstandsfähig sein; das bedeutet, daß die Füllungsmaterialien weder in Speichel noch in der Nahrung löslich sein dürfen. Weiterhin sollen sie weder bei Kontakt mit Nahrungsbestandteilen chemisch reagieren, noch durch elektrochemische Vorgänge angegriffen werden.

Gefordert werden zudem von ihnen ausreichende mechanische Eigenschaften, d.h. sie müssen genauso formbeständig sein wie die harten Zahngewebe unter den Belastungen, denen sie während des Kauens und des Zusammenbeißens ausgesetzt sind. Sie sollen somit eine Härte besitzen, die nicht wesentlich von der des Schmelzes abweicht.

Ein großer Teil dieser an Füllungsmaterialien gestellten Anforderungen wird vom Amalgam erbracht.

In der Literatur findet sich eine Reihe von Untersuchungen über die mechanischen Eigenschaften des Amalgams und ihre Veränderung nach Oberflächenbearbeitung.

KNUD DREYER JØRGENSEN (6) zählt Faktoren auf, welche die Oberflächenrauhigkeit beeinflussen:
Je größer das Korn des Alloys, desto größer die Rauhigkeit.
Je länger die Anmischzeit, desto kleiner die Rauhigkeit.
Je größer das Verhältnis Alloy/Quecksilber, desto größer die Rauhigkeit.
Verspätete Kondensierung führt zu größerer Rauhigkeit.
Großer Kondensierungsdruck ergibt kleinere Rauhigkeit.
Je größer die kondensierten Portionen, desto größer die Rauhigkeit im tiefsten Teil der Portion.
Speichelkontamination des Amalgams vergrößert die Rauhigkeit ebenfalls.

Nicht unerwähnt bleiben sollte die Beobachtung von JØRGENSEN und NIELSEN (9), daß eine Erhöhung des Stopfdruckes zu einer kontinuierlichen Steigerung der Druckfestigkeit führt.

Entsprechende Untersuchungen von JØRGENSEN, ESBENSEN und BORRING-MØLLER (8) ergaben, daß die Festigkeit sowohl von der Porosität als auch vom Quecksilbergehalt des Amalgams abhängt. Die Steigerung der Porosität um 1 % reduziert die Festigkeit um 1/10. Die Steigerung des Quecksilber-Silbergehaltes um 1 % vermindert die Festigkeit um 1/100.

Während der ersten acht Stunden nach dem Stopfen werden, wie PHILLIPS (20) feststellte, etwa 85 % der Druckfestigkeit erreicht, nach sechs Monaten etwa 90 %.

LOEBICH (16) und NOWACK (17) geben an, daß nach einer Stunde die Härte bei dem größten Teil der Amalgame die zum Kauen erforderliche Mindestbrinellhärte von 7 kp/mm^2 (Richtwert) und mehr erreicht.

Eine Politur verkleinert die Oberfläche und damit die Retentionskapazität und verändert die Eigenschaften des Amalgams. Eine beträchtliche Härtesteigerung z.B. wird nach RIETHE (22) durch eine sorgfältige Politur herbeigeführt.

Aus den Untersuchungen von HOPKINS (5), LEES (14) und BEYLBY (1) geht hervor, daß dabei an der Oberfläche die Metallmoleküle umgruppiert werden. Es entsteht eine unkristalline, verhärtete Membran von etwa 1/3 Millionstel Millimeter (entspricht etwa 30 übereinander geschichteten Atomen). Darunter befindet sich eine Schicht gerichteter Kristallite, die über dem ungestörten Untergrund liegen.

SAUERWEIN (28) untersuchte ebenfalls die auf das Amalgam zerstörend wirkenden Kräfte. Er kam zu dem Schluß, daß sie umso weniger zur Geltung kommen, je kleiner die sich ihnen darbietende Angriffsfläche, d.h. je glatter sie ist. Denn mit zunehmender Rauhigkeit wächst die Einwirkungsfläche sehr rasch an.

Die Poliermittel biegen bei den Metallen einen großen Teil der Schleifgrate um, drücken sie in die Vertiefungen und gleichen sie dadurch aus. Gleichzeitig wird die Oberfläche verdichtet, homogenisiert und dadurch veredelt.

RIETHE (24, 25) beobachtete, daß sich eine Amalgamfüllung niemals im Zustand der Ruhe befindet, sondern stets arbeitet.

Zu ähnlichen Schlußfolgerungen kam SKINNER (30). Nach ihm wird das Gleichgewicht im gelegten Amalgam in der Mundhöhle, wenn überhaupt, erst nach einer "undefinierbaren" Zeit erreichbar sein.

Auch GAYLOR (4) schreibt über seine Untersuchungen, daß die Ausdehnungsschwankungen (Expansion und Kontraktion) innerhalb des Amalgams für eine längere Zeit bestehen.

Die durch die Politur erreichte Oberflächenverfeinerung ist jedoch nur von beschränkter Dauer, nach RIETHE (22), weil physikalische, chemische und elektro-chemische Vorgänge die Oberflächenstruktur ungünstig beeinflussen können. Hinzu kommen Kräfte, die im Amalgam selbst liegen (Dimensionsverhalten und Inhomogenitäten). Auch die Kaubelastung hinterläßt Eindrücke, die der Politur entgegenwirken und die ursprüngliche Homogenität stören.

Die bei einer Politur entstehende Wärmeentwicklung kann sich nachteilig auf die Qualität der Füllung auswirken. Falls dadurch Quecksilber austritt, wird die Amalgamqualität verschlechtert und der Organismus evt. durch dieses Zellgift geschädigt. STOCK (32) beobachtete ähnlich wie WITZEL (35) und FENCHEL (3), daß eine frisch gelegte Amalgamfüllung sogar schon bei Mundtemperatur Quecksilber abgeben kann.

Untersuchungen von LUIZ (18) zeigten eine Quecksilberverdampfung schon bei Zimmertemperatur. Er widerlegte eindeutig die Untersuchungsergebnisse von SOUDER und SWEENEY (31). Sie hatten beschrieben, daß aus Silberamalgamen selbst dann kein Quecksilber frei wird, wenn man sie in Salzsäure auf 80° C erhitzt.

KANATAKE u.a. (12), OKAMOTO (19) und SATO (27) fanden, daß in 60 bis 80° C erhitztem Wasser an der Oberfläche ihrer untersuchten Proben Quecksilberperlen frei wurden, die beim Abkühlen wieder in den Prüfkörper eindrangen und eine rauhe Oberfläche hinterließen. Brinellhärte und Druckfestigkeit widerum nahmen beim Erhitzen quecksilberreichen Amalgams stärker ab als beim quecksilberarmen.

Die Versuche von KNUD DREYER JØRGENSEN, OTANI und KANAI (10) erbrachten eine wesentliche Verringerung der Druckfestigkeit der Amalgame nach Erwärmung. Die Amalgamproben gewannen jedoch nach Wiedererreichen der Ausgangstemperatur ihre mechanische Eigenschaften in relativ kurzer Zeit zurück.

Der Quecksilbergehalt beeinflußt das Volumenverhalten und führt bei Überschuß zur Erhöhung des Restquecksilbergehaltes der fertigen Füllung. Darüber hinaus beobachtete RIETHE (22) verringerte Druckfestigkeit, mangelnde mechanische und chemische Widerstandsfähigkeit (Porosität, Korrosion und Verfärbung). Ein Zuviel an Quecksilber mit nur geringfügig höherem Restquecksilbergehalt wird für die Eigenschaften eines Amalgams allgemein als weniger schädigend beurteilt als Quecksilbermangel.

Nach JØRGENSEN (8) und KROPP (13) läßt Quecksilbermangel jedoch die Kontraktion steigen. Ungenügende Amalgamierung der Feilungspartikel ergibt ein körniges Amalgam. Die Resultate sind auch hier Porosität, schlechter Randschluß, verminderte Druckfestigkeit, geringe Korrosionsresistenz und Verfärbung.

Im Jahre 1955 haben SCHOCH und LOEBICH (29) einige Beobachtungen gemacht, aus denen sich ergibt, daß die Amalgamfüllungen nicht dicht, sondern porös sind. Die Poren verschwinden beim Abbinden des Amalgams nicht, unabhängig davon, ob das Amalgam dabei expandiert oder kontrahiert. Das spezifische Volumen beim Amalgam kann also nicht genau reproduziert werden. Man muß damit rechnen, daß beim Amalgam auch andere Eigenschaften sich weniger gut reproduzieren lassen, als es bei anderen Legierungen möglich ist.

Aus den Versuchsergebnissen folgt, daß das in üblicher Weise zubereitete und gestopfte Amalgam wahrscheinlich 6 bis 7 % Hohlräume enthält. Diese Poren lassen sich auf keine Weise vermeiden. Der Grad der Porosität läßt sich durch einen höheren Stopfdruck kaum verringern, wenn der letztere im klinisch gegebenen Rahmen bleibt. Erst durch kräftiges plastisches Verformen des Amalgams kann man einen Teil der Poren zuquetschen und so das spezifische Volumen des Probekörpers dem theoretisch zu erwartenden Wert annähern.

Nach JØRGENSEN (6) wird die Porosität durch Lufteinschluß während des Anmischens und der Materialverarbeitung verursacht. Die einzelnen Poren können untereinander verbunden sein. Die Porosität hängt stark von der Verarbeitungsmethode ab und variiert zwischen 0,3 und 50 %.

Auch EICHNER (2) schreibt, daß selbst die mit größter Sorgfalt gestopften Amalgamfüllungen Poren enthalten. Hierbei handelt es sich zum Teil um Luft, die beim Stopfen eingeschlossen worden ist, zum Teil auch um Hohlräume, die sich erst im Laufe der Abbindung durch Heraussaugen des Quecksilbers aus den Zwickeln zwischen den Feilungspartikeln gebildet haben. Größere Poren bleiben in der Amalgamfüllung zurück, wenn eine zu trockene Paste mit ungenügendem Druck kondensiert wird.

Neben dem mechanischen Verhalten des Amalgams interessieren vor allem seine Zusammensetzung und seine chemische Eigenschaften.

Nach WAGNER (34) baut sich das erhärtete Amalgam im wesentlichen aus drei Kristallarten auf. Bei der Reaktion der Silber-Zinn-Feilung mit Quecksilber entsteht die Silber-Quecksilber-Verbindung (γ 1 Phase) und ein Zinn-Quecksilber-Mischkristall (γ 2 Phase). Außerdem sind im Gefüge stets noch Reste der in der Silber-Zinn-Feilung enthaltenen Silber-Zinn-Verbindung Ag_3Sn zu beobachten, da die Umsetzung mit Quecksilber unvollständig ist. Mit dem heterogenen Gefügeaufbau der Amalgame ist die Möglichkeit einer selektiven Korrosion infolge Lokalelementbildung gegeben, wobei die edlere Kristallart als Kathode, die unedlere Phase als Anode wirkt. Der Zinn-Quecksilber-Mischkristall ist dabei der unedelste Bestandteil in den Amalgamen.

Untersuchungen für die γ 2 Phase ergaben bei den meisten Autoren, daß infolge des hohen Zinngehaltes der Zinn-Quecksilber-Mischkristall als der unedelste und weichste Bestandteil der drei Amalgamphasen angesehen werden kann. Somit bestimmt die γ 2 Phase trotz ihres geringen Anteils (10 %) das Korrosionspotential des gesamten Amalgams, schreibt RIETHE (22).

Nach JØRGENSEN (7), JØRGENSEN und SAITO (11) setzt die Auflösung der γ 2 Phase Quecksilber frei, das mit Ag_3Sn (γ Phase) reagiert und zusätzlich γ ? ($Sn_{7-8}Hg$) produziert. Der Kreislauf der Korrosion setzt sich also fort. Dadurch entstehen Porositäten, die die Härte der Füllung ergeblich verringern. Diese Theorie ist jedoch noch sehr umstritten.

SARKAR, MARSHALL, MOSER und GREENER (26) teilen z. B. mit, daß der elektrochemische Angriff auf die γ 2 Phase nicht notwendigerweise zur Bildung von Porositäten führt. Vielmehr bleibt die umgewandelte Phase an ihrem Platz.

Aus den Untersuchungen von SUTFIN und OGILVIE (33) geht hervor, daß beim Polieren von der γ 2 Phase des Amalgams schneller Material entfernt wird und somit die Strukturen darunter enthüllt werden. Allerdings war das Amalgam während der Politur destilliertem Wasser ausgesetzt, das leicht sauer war. Säuren neigen dazu, die γ 2 Phase schnell anzugreifen. Die γ 2 Phase ist der schwächste Bestandteil der Mikrostruktur.

Auch WAGNER (34) bestätigt, daß die γ 2 Phase mit dem Quecksilber-Zinn-Mischkristall der unedelste Bestandteil in den Amalgamen und somit in erster Linie für die Korrosion verantwortlich ist.

In nicht oxydierenden Säuren löst sich Zinn in der Regel nicht; ein Angriff erfolgt meist nur entsprechend dem Zutritt von Sauerstoff. In neutralen Lösungen bildet sich eine schützende Oxydschicht. Stoffe, die diese Oxydschicht lösen, z. B. Natriumhydroxyd, oder durchdringen, z. B. Natriumchlorid, können einen erheblichen Angriff auslösen.

In der Milchsäure-Kochsalzlösung erleiden beide Amalgamsorten Gewichtsverluste, die bei dem Amalgam aus der Feilung mit 50 % Silber etwa doppelt so groß sind wie bei der Feilung mit 68 % Silber. Die Milchsäure-Kochsalzlösung wird im Schriftum mitunter als "künstlicher Speichel" bezeichnet, obwohl dies nicht ganz zutreffend ist, da ihr ph-Wert mit 2,1 weit im sauren Bereich liegt. Der zeitliche Verlauf der Gewichtsänderungen entspricht Abklingkurven. Mit zunehmender Korrosionsdauer wird die Gewichtsabnahme immer geringer, die Korrosionsgeschwindigkeit vermindert sich.

Die Milchsäure-Kochsalzlösung ist allerdings als Korrosionsmittel nicht besonders sinnvoll. Bei einem ph-Wert von 2,1 bleibt nicht einmal der Zahnschmelz bestehen; er geht schon bei einem ph-Wert von 4,6 vollständig in Lösung.

Zinkhaltiges Amalgam wurde von PHILLIPS, SWARTZ und BOOZAYAAN-GOOL (21) untersucht. Sie fanden heraus, daß die Verunreinigung einer zinkhaltigen Amalgamfüllung mit Feuchtigkeit beim Anreiben oder beim Stopfen zu einer beträchtlichen Härteminderung führt. In der Gegenwart von Quecksilber zersetzt Zink, das in verschiedenen Konzentrationen in den meisten Handelslegierungen verwendet wird, Wasser in Wasserstoffperoxyd. Das eingeschlossene Gas übt innerhalb der Füllung einen Druck aus, der zu einer verzögerten Ausdehnung von mehreren Hundert Mikron führt. Die klinischen Zeichen dieser Expansion sind Grübchenkorrosion und Blasen, postoperativ Schmerzen und innere Korrosion.

II. AUFGABENSTELLUNG

Das Studium der Literatur gibt Hinweise dafür, daß eine Oberflächenbehandlung die mechanischen Eigenschaften von Amalgam verändert.

Es sollte untersucht werden, ob durch verschiedene Oberflächenbearbeitung das Amalgam in seiner Härte und Rauhigkeit verändert werden kann. Weiterhin sollte geprüft werden, ob so verändertes Amalgam sich gegenüber chemischen Substanzen anders verhält als unbearbeitetes.

III. MATERIAL UND METHODIK

A) Herstellen der Amalgamproben

Zur Untersuchung der Oberflächenstruktur von Amalgam nach Bearbeitung und nach Einwirkung verschiedener chemischer Substanzen wurden Prüfkörper hergestellt. Als Form dienten Metallrähmchen mit den Innenmaßen 1 x 2 cm, Höhe 3 mm. Gestopft wurden diese Rähmchen gegen eine Glasplatte mit Amalgam (Amalcap F 3) der Firma Vivadent Schaan-Liechtenstein, Degussa Special Alloy, das im Silamat fünf Sekunden lang angemischt wurde.

Die Innenflächen der Formen wurden hauchdünn mit Vaseline isoliert, und das Amalgam portionsweise im Oberschuß mit etwa gleichbleibendem Druck von Hand gestopft. Das überschüssige Quecksilber wurde abgetragen, und der größere Teil der Proben mit einem Spatel geglättet. Der Rest wurde mit Wasser und Watte bearbeitet, wie es von Zahnärzten häufig praktiziert wird.

B) Bearbeitung der Proben

Auf einer rotierenden Scheibe, die nacheinander mit Schleifpapier der Körnung 240, 320, 400 und 600 µm belegt war, wurden unter Wasserberieselung die Oberflächen der Prüfkörper geglättet. Da die Oberfläche noch zu rauh erschien, wurde sie weiter mit einem Brei aus Al_2O_3 (verschiedener Körnung) und Wasser auf einem seidenbespannten Teller bis auf eine Korngröße von 1 µm bearbeitet.

C) Zerteilen der Proben

An einer Trennmaschine mit Diamantsägeblatt und Wasserkühlung wurden die Proben in jeweils zehn Blöckchen mit einer Kantenlänge von ca. 4 x 5 mm zerteilt.

D) Einbetten der Blöckchen

Aluminiumplättchen wurden mit doppelseitig beschichteter Folie beklebt, die zur Fixierung der Amalgamblöckchen diente. Als Negativ für die späteren Amalgamprüfkörper fanden mit Vaseline isolierte Kunststoffzylinder Anwendung, die ebenfalls auf der Klebefolie fixiert wurden.

In konstantem Mischungsverhältnis wurde Paladurpulver und Monomer angerührt, in die fixierten Kunststoffzylinder gefüllt und im Drucktopf bei 37° C warmen Wasser, 2 atü Druck, ca. 30 Minuten lang ausgehärtet. So entstanden runde Proben im Durchmesser von 3,1 cm mit jeweils neun bis zehn Amalgamblöckchen. Für die nachfolgenden Untersuchungen mußte die Rückseite noch planparallel geschliffen werden.

IV. VERSUCHSDURCHFÜHRUNG UND ERGEBNISSE

A) Versuchsdurchführung (Oberfläche mit Al_2O_3 bearbeitet)

An den noch nicht zersägten, mit Al_2O_3 und Seide polierten Amalgambarren wurde zunächst die Vickershärte mit einem Vickersdiamant (Durimet) der Firma Leitz bestimmt. Über ein Mikroskop mit Skaleneinteilung konnte bei 0,5 N Auflage die Diagonallänge des Diamanteindruckes in µm abgelesen werden. Um eine größere Ablesegenauigkeit zu erzielen, wurde jeder Wert zweimal bestimmt und daraus der Mittelwert gebildet.

Die mit Al_2O_3 bearbeiteten Amalgamproben dienten als Bezugspunkt für die nachfolgenden Oberflächenbearbeitungen. Die Werte bestätigten, was schon mit bloßem Auge sichtbar war; die Barren zeigten nicht die gleiche Homogenität. Unterschiedlich viele und verschieden große Porositäten traten auf, obwohl das gleiche Amalgam von ein und derselben Person gestopft worden war.

A_1) Ergebnisse

Der Zusammenhang zwischen Vickershärte und Diagonalenlänge ergibt sich aus folgender Formel.

$$H_V = \frac{1854{,}4 \times N}{d^2} \times 100$$

N = in Newton
d = Diagonalenlänge in μm

1. Wert	Mittelwert	2. Wert
28,4	28,4	28,4
24,2	24,5	24,8
24,2	24,1	24,0
30,9	30,85	30,8
28,0	27,8	27,6
27,4	27,35	27,3
24,0	23,85	23,7
32,1	32,05	32,0
30,3	30,5	30,7
31,0	30,8	30,6
M = 28,0200	S = 3,0535	

1. Wert	Mittelwert	2. Wert
34,5	34,8	35,1
29,0	29,05	29,1
32,2	32,4	32,6
29,1	29,0	28,9
36,1	35,9	35,7
37,2	37,45	37,7
27,5	27,75	28,0
25,5	25,4	25,3
34,6	34,5	34,4
28,4	28,45	28,5
M = 31,4700	S = 4,0590	

1. Wert	Mittelwert	2. Wert
39,3	39,5	39,7
31,3	31,4	31,5
29,0	29,05	29,1
28,2	28,0	27,8
26,7	26,65	26,6
29,1	29,2	29,3
31,8	31,8	31,8
33,3	33,15	33,0
25,9	25,85	25,8
31,4	31,45	31,5
M = 30,6050	S = 3,9129	

Tab. 1: Mittelwerte der Diagonalenlänge in µm
(Oberfläche mit Al_2O_3 bearbeitet)
Gesamtmittelwert mit Standardabweichung (M, S)

1. Wert	Mittelwert	2. Wert
29,8	29,75	29,7
40,2	39,8	39,4
29,7	29,75	29,8
30,8	30,7	30,6
32,3	32,05	31,8
37,2	37,25	37,3
28,0	28,05	28,1
29,8	29,6	29,4
28,2	28,15	28,1
29,3	29,3	29,3
M = 31,4400	S = 3,9519	

1. Wert	Mittelwert	2. Wert
27,5	27,45	27,4
29,0	29,05	29,1
31,0	31,0	31,0
36,2	35,9	35,6
33,9	33,9	33,9
29,9	29,75	29,6
29,3	29,5	29,7
25,7	25,7	25,7
29,5	29,35	29,2
25,9	25,85	25,8
M = 29,7450	S = 3,2356	

Tab. 1: (Fortsetzung)
Mittelwerte der Diagonalenlänge in µm
(Oberfläche mit Al_2O_3 bearbeitet)
Gesamtmittelwert mit Standardabweichung (M, S)

Neben der Härtemessung wurde eine Strecke von 2 mm auf dem Amalgambarren abgetastet und über einen Schreiber die Oberflächenrauhigkeit als Kurve festgehalten.

Verschiedene Rauhtiefekurven eines mit Al_2O_3 und Seide polierten Barrens wurden ausplanimetriert und ergaben folgende Werte:

Spur 1	46,1
Spur 2	22,7
Spur 3	31,0
Spur 4	26,5
Spur 5	33,3
M = 31,92	S = 7,978

Tab. 2: planimetrierte Rauhigkeit in cm^2
(Oberfläche mit Al_2O_3 bearbeitet)
Gesamtmittelwert mit Standardabweichung (M, S)

Die mittlere Rauhigkeit in relativen Einheiten läßt sich errechnen aus folgender Formel:

$$R = \frac{\text{planimetrierter Wert } (cm^2)}{\text{Länge der Spur (cm)}}$$

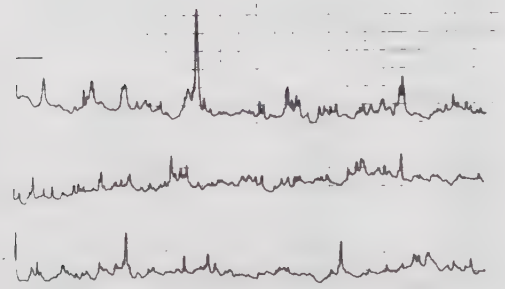


Abb. 1: Oberflächenrauhigkeit einer mit Al_2O_3 bearbeiteten Amalgamfläche

B) Versuchsdurchführung (Glasplattenseite)

Die Glasplattenseite der Amalgambarren wurde ebenfalls nach Härte und Rauhtiefe untersucht, um eine Vorstellung zu bekommen, wie das Amalgam auf dem Kavitätenboden aussehen könnte.

B_1) Ergebnisse (Auflagegewicht ebenfalls 0,5 N)

1. Wert	Mittelwert	2. Wert
38,2	38,35	38,5
41,6	41,5	41,4
29,2	29,2	29,2
37,7	37,8	37,9
37,3	37,1	36,9
36,2	35,95	35,7
45,7	45,75	45,8
M = 37,9500	S = 5,0811	

1. Wert	Mittelwert	2. Wert
30,6	30,4	30,2
41,5	41,65	41,8
39,7	39,45	39,2
33,8	33,65	33,5
33,5	33,35	33,2
34,2	34,0	33,8
32,5	32,35	32,2
35,3	35,25	35,2
M = 35,0125	S = 3,7381	

1. Wert	Mittelwert	2. Wert
31,6	31,8	32,0
36,1	36,25	36,4
42,3	42,05	41,8
32,6	32,4	32,2
35,4	35,25	35,1
41,3	41,3	41,3
31,4	31,15	30,9
37,3	37,25	37,2
M = 35,9312	S = 4,1570	

Tab. 3: Mittelwerte der Diagonalenlänge in µm
(Glasplattenseite)
Gesamtmittelwert mit Standardabweichung (M, S)

1. Wert	Mittelwert	2. Wert
32,2	32,0	31,8
32,8	32,65	32,5
31,9	32,05	32,2
46,1	45,9	45,7
41,7	41,65	41,6
29,9	29,85	29,8
30,3	30,2	30,1
42,3	42,05	41,8
M = 35,7937	S = 6,3299	

1. Wert	Mittelwert	2. Wert
32,3	32,25	32,2
31,4	31,55	31,7
31,9	32,1	32,3
32,9	32,65	32,4
29,8	29,7	29,6
28,2	28,1	28,0
30,5	30,6	30,7
33,0	32,95	32,9
M = 31,2375	S = 1,6651	

Tab. 3: (Fortsetzung)
Mittelwerte der Diagonalenlänge in µm
(Glasplattenseite)
Gesamtmittelwert mit Standardabweichung (M, S)

Spur 1	88,7
Spur 2	102,0
Spur 3	101,8
Spur 4	89,9
Spur 5	95,5
M = 95,58	S = 5,648

Tab. 4: planimetrierte Rauhigkeit in cm^2
(Glasplattenseite)
Gesamtmittelwert mit Standardabweichung (M, S)

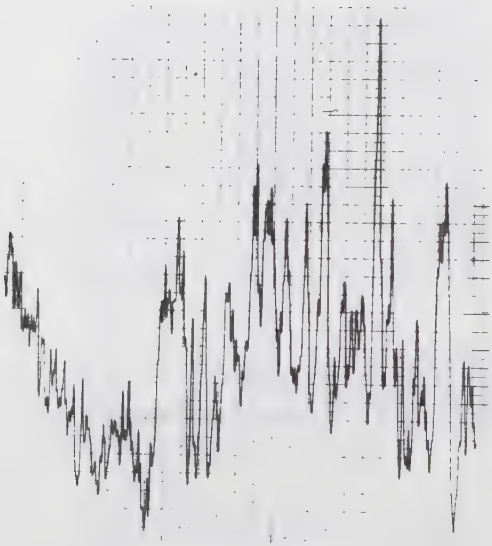


Abb. 2: Oberflächenrauhigkeit einer Glasplattenseite

C) Versuchsdurchführung (Oberfläche mit Wasser und Watte bearbeitet)

Die nur mit Wasser und Watte behandelte Amalgamoberfläche interessierte deshalb, weil häufig in zahnärztlichen Praxen so verfahren wird. Die Härtemessungen sowohl mit 0,5 N als auch mit 1 N Auflage waren nicht aussagekräftig, weil zu starke Niveauunterschiede ein exaktes Ausmessen des Eindruckes unmöglich machten. Bei den seltenen vollständig erkennbaren Eindrücken (1:500) war die Tendenz festzustellen, daß die Eindringtiefe des Diamanten zunahm, d.h., die Härte geringer wurde.

C_1) Ergebnisse

Spur 1	72,8
Spur 2	72,3
Spur 3	59,5
Spur 4	62,3
Spur 5	48,2
M = 63,02	S = 9,103

Tab. 5: planimetrierte Rauhigkeit in cm^2
(Oberfläche mit Wasser und Watte bearbeitet)
Gesamtmittelwert mit Standardabweichung (M, S)

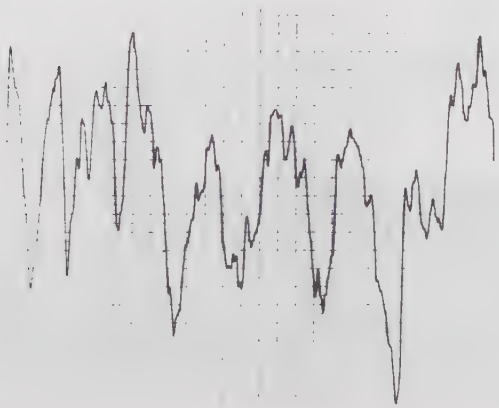


Abb. 3: Oberflächenrauhigkeit einer mit Wasser und Watte bearbeiteten Amalgamfläche

D) Versuchsdurchführung (Oberfläche poliert)

Die Oberflächen der vorbereiteten Amalgamproben wurden an einem Siemens-Behandlungsstuhl mit einem Intra-Winkelstück bearbeitet und zwar je fünf Proben mit einem Kugelfinierer, einem Kugelpolierer und einem grünen mittelharten Gummi; danach erneut Härte- und Rauhtiefenbestimmung.

D_1) Ergebnisse (Oberfläche mit Kugelfinierer bearbeitet)

Probe 1	M = 31,0000	S = 4,6077
Probe 2	M = 29,6869	S = 2,5615
Probe 3	M = 29,9095	S = 3,9316
Probe 4	M = 30,3595	S = 3,5093
Probe 5	M = 29,2350	S = 2,5125

Tab. 6: Mittelwerte mit Standardabweichung der Diagonalenlänge in µm (M, S)
(Oberfläche mit Kugelfinierer bearbeitet)
Mittelwerte je Amalgamprobe aus ca. 20 Messungen

Spur 1	31,2
Spur 2	27,3
Spur 3	27,7
Spur 4	25,2
Spur 5	24,5
M = 27,18	S = 2,347

Tab. 7: planimetrierte Rauhigkeit in cm^2
(Oberfläche mit Kugelfinierer bearbeitet)
Gesamtmittelwert mit Standardabweichung (M, S)

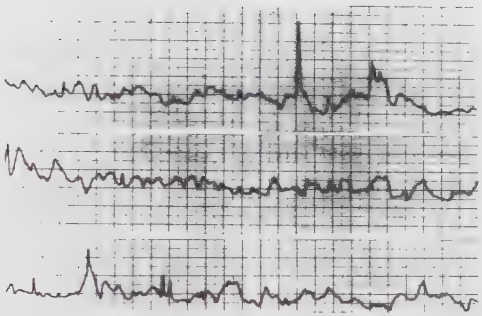


Abb. 4: Oberflächenrauhigkeit einer mit Kugelfinierer bearbeiteten Amalgamfläche

D_2) Ergebnisse (Oberfläche mit Kugelpolierer bearbeitet)

Probe 6	M = 29,1857	S = 3,7753
Probe 7	M = 31,1333	S = 3,1916
Probe 8	M = 29,9976	S = 3,8464
Probe 9	M = 29,6704	S = 3,5109
Probe 10	M = 28,3150	S = 3,4976

Tab. 8: Mittelwerte mit Standardabweichung der Diagonalenlänge in µm (M, S)
(Oberfläche mit Kugelpolierer bearbeitet)
Mittelwert je Amalgamprobe aus ca. 20 Messungen

Spur 1	43,9
Spur 2	39,9
Spur 3	33,9
Spur 4	30,8
Spur 5	32,0
M = 36,1	S = 5,000

Tab. 9: planimetrierte Rauhigkeit in cm^2
(Oberfläche mit Kugelpolierer bearbeitet)
Gesamtmittelwert mit Standardabweichung (M, S)

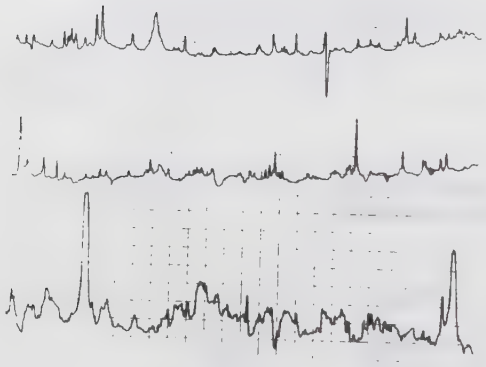


Abb. 5: Oberflächenrauhigkeit einer mit Kugelpolierer bearbeiteten Amalgamfläche

D_3) Ergebnisse (Oberfläche mit Gummipolierer bearbeitet)

Probe 11	M = 29,3204	S = 3,1674
Probe 12	M = 32,1181	S = 4,7340
Probe 13	M = 30,6318	S = 3,4545
Probe 14	M = 28,5977	S = 3,8809
Probe 15	M = 32,0216	S = 5,1610

Tab. 10: Mittelwerte mit Standardabweichung der Diagonalenlänge in µm (M, S)
(Oberfläche mit Gummipolierer bearbeitet)
Mittelwert je Amalgamprobe aus ca. 20 Messungen

Spur 1	27,2
Spur 2	20,7
Spur 3	40,9
Spur 4	31,1
Spur 5	25,8
M = 29,14	S = 6,757

Tab. 11: planimetrierte Rauhigkeit in cm^2
(Oberfläche mit Gummipolierer bearbeitet)
Gesamtmittelwert mit Standardabweichung (M, S)

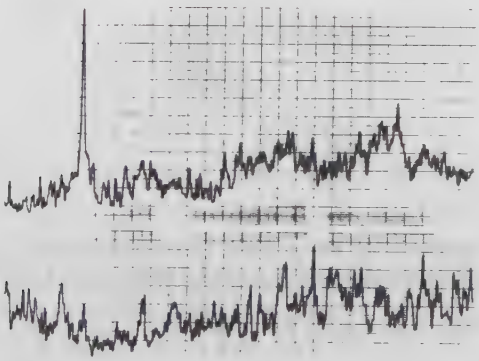


Abb. 6: Oberflächenrauhigkeit einer mit Gummipolierer bearbeiteten Amalgamfläche

E) Versuchsdurchführung nach Einwirkung chemischer Substanzen

Als nächstes sollte untersucht werden, ob eine der drei genannten Politurarten die Amalgamoberfläche widerstandsfähiger gegen Einwirkung chemischer Substanzen macht. Dazu wurden 0,1 m Salzsäure (HCl), 0,1 m Natronlauge (NaOH), 0,1 m Essigsäure (CH_3COOH), 0,1 m Milchsäure (Lactat) und 0,1 m Zitronensäure (Citrat) hergestellt. Jeweils fünf Proben, deren Oberfläche mit Al_2O_3; mit Kugelfinierer, mit Kugelpolierer, mit Gummipolierer und mit Wasser und Watte bearbeitet waren, wurden für 93 Stunden und 40 Minuten den genannten Substanzen ausgesetzt.

Um herauszufinden, ob eine evt. Oberflächenveränderung von der Einwirkzeit abhängt, wurde Probe 11 (gummipoliert) erneut der Salzsäure und Probe 14 (gummipoliert) Lactat ausgesetzt, und zwar für weitere 93 Stunden, 40 Minuten (insges. doppelte Einwirkzeit); danach erneut Bestimmung von Härte und Rauhtiefe.

E_1) Ergebnisse

Probe lfd. Nr.	Al_2O_3	Glasplatte	Wasser + Watte	Kugelfinierer	Kugelpolierer	Gummipolierer
1 - 5	96,36					
21 - 25	1,24					
21 - 25		75,20				
		1,63				
39 - 42			nicht auswertbar			
1 - 5				103,40		
				1,10		
6 - 10					106,13	
					1,22	
11 - 15						98,74
						1,32

Tab. 12: Gesamtübersicht Mittelwerte mit Standardabweichung der Diagonalenlänge in µm (Vickershärte bei 0,5 N Auflage)

Probe lfd. Nr.	HCl	NaOH	CH_3COOH	Lactat	Citrat
1	76,37 2,89				
2		83,85 2,14			
3			100,50 3,34		
4				84,05 2,75	
5					80,50 1,73
6	86,37 2,42				
7		86,48 2,74			
8			102,40 3,54		
9				101,95 3,65	
10					99,34 2,70
11	84,27 2,39				
12		82,29 2,89			
13			103,65 2,77		
14				91,73 2,37	
15					102,40 2,55
16	87,55 2,80				
17a		86,45 2,80			
17b			92,07 1,68		
18				74,41 2,53	
19					87,20 1,71

Tab. 13: Gesamtübersicht Mittelwerte mit Standardabweichung der Diagonalenlänge in µm (Vickershärte bei 0,5 N Auflage) nach einer Einwirkzeit von 93 Stunden, 40 Minuten o. g. chemischer Substanzen

Die doppelte Einwirkzeit zeigte Tendenz zur Härteverminderung.

Probe lfd. Nr.	Al_2O_3	Glas-platte	Wasser + Watte	Kugel-finierer	Kugel-polierer	Gummi-polierer
1 - 5	31,92					
21 - 25	7,978					
21 - 25		95,58				
		5,648				
39 - 42			315,10			
			45,515			
1 - 5				27,18		
				2,347		
6 - 10					36,10	
					5,000	
11 - 15						29,14
						6,757

Tab. 14: Gesamtübersicht Mittelwerte mit Standardabweichung der planimetrierten Rauhigkeit

Probe lfd. Nr.	HCl	NaOH	CH_3COOH	Lactat	Citrat
40	361,60				
	46,675				
42		285,80			
		38,83			
44			287,15		
			34,30		
45				373,60	
				14,075	
46					294,90
					27,87

Tab. 15: Gesamtübersicht Mittelwerte mit Standardabweichung der planimetrierten Rauhigkeit nach einer Einwirkzeit von 93 Stunden, 40 Minuten o.g. chemischer Substanzen auf mit Wasser und Watte bearbeitete Amalgamflächen

Probe lfd. Nr.	HCl	NaOH	CH_3COOH	Lactat	Citrat
1	47,68 4,091				
2		38,22 4,729			
3			28,88 4,879		
4				40,78 5,561	
5					41,08 3,280
6	47,96 11,408				
7		52,10 9,731			
8			31,00 5,375		
9				39,88 3,821	
10					44,86 6,802
11	41,86 6,429				
12		46,48 6,463			
13			29,58 7,269		
14				48,84 10,953	
15					65,22 9,911
16	38,44 4,036				
17a		40,27 5,23			
17b			24,96 6,297		
18				47,28 10,38	
19					51,25 10,56

Tab. 16: Gesamtübersicht Mittelwerte mit Standardabweichung der planimetrierten Rauhigkeit nach einer Einwirkzeit von 93 Stunden, 40 Minuten o.g. chemischer Substanzen

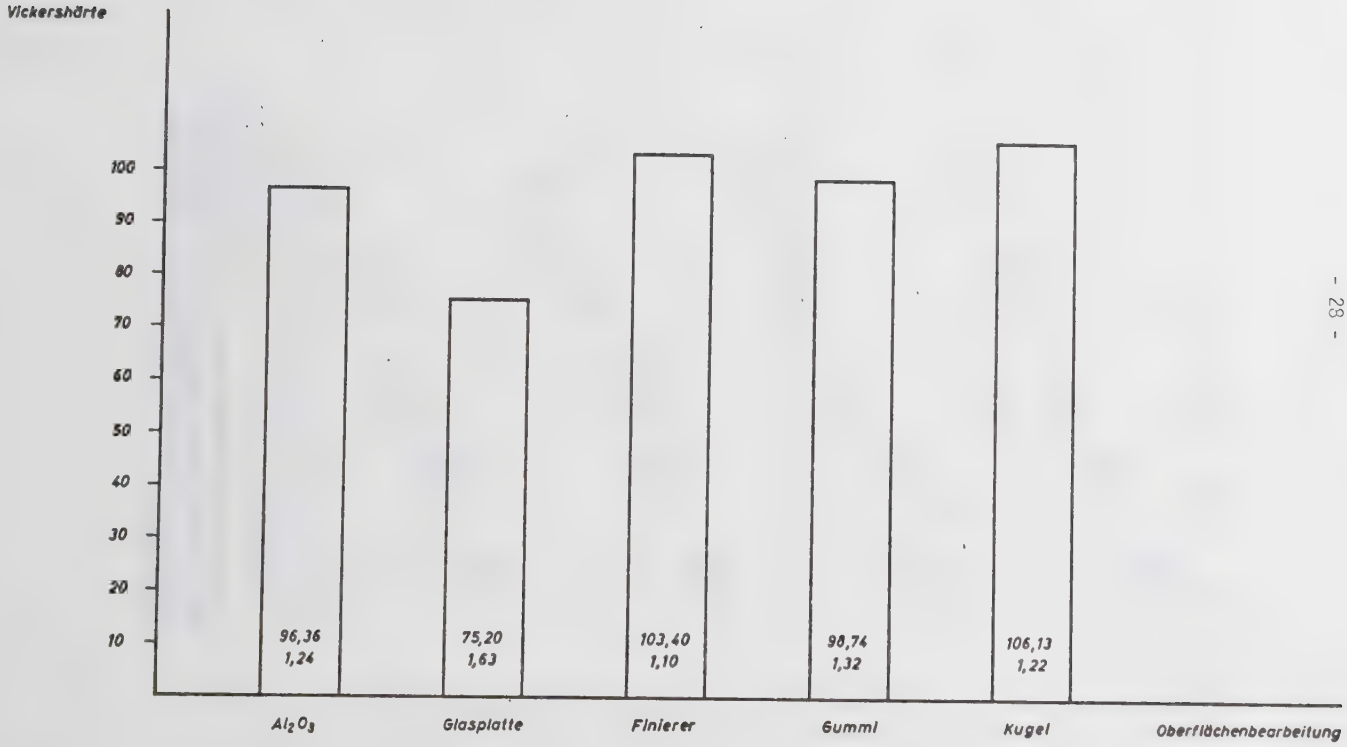


Abb.: 7 Vickershärte in Abhängigkeit der Oberflächenbearbeitung
(Mittelwerte mit Standardabweichung)

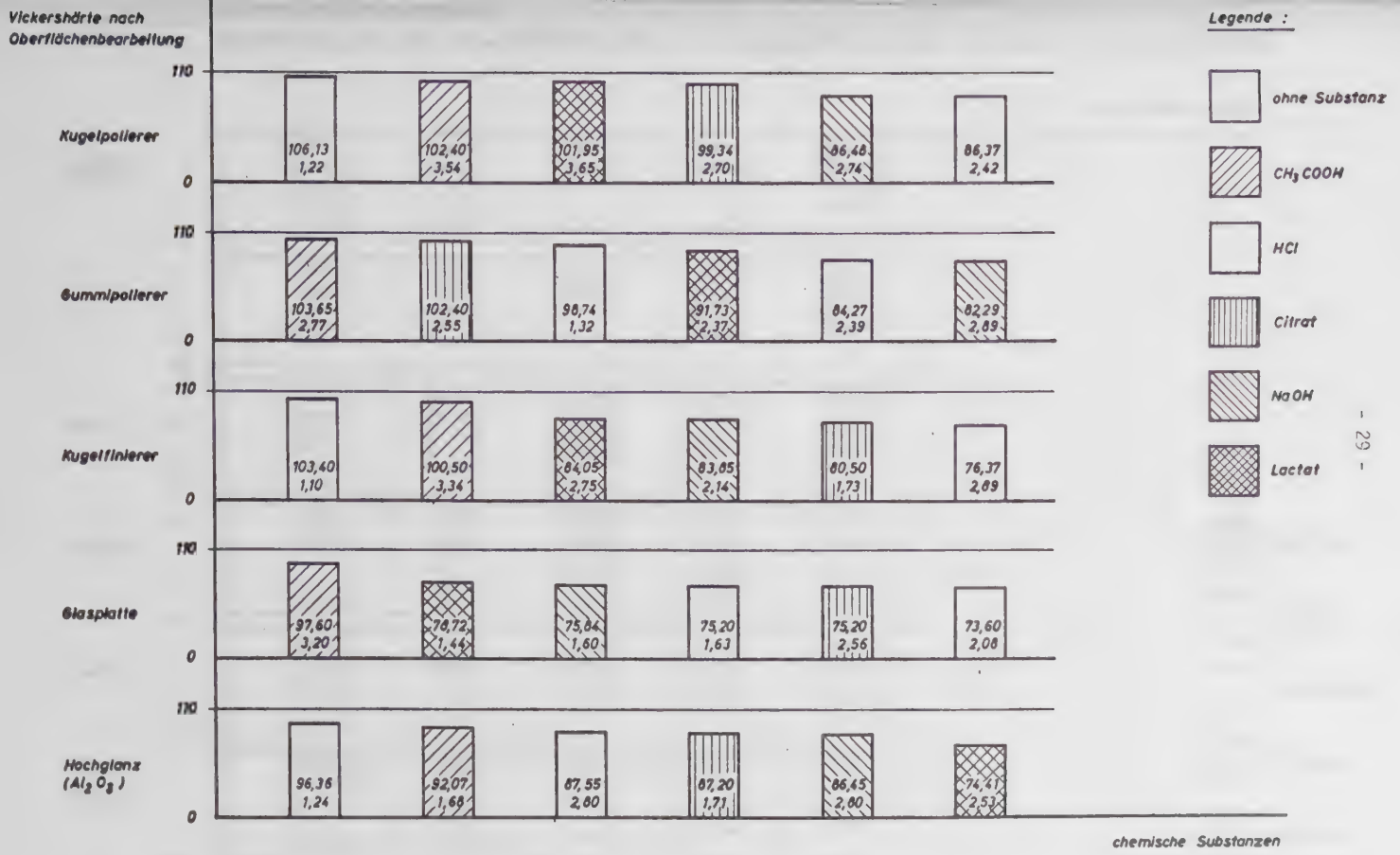


Abb.: 8 *Vickershärte der Amalgamproben in Abhängigkeit der chemischen Substanzen*
(Mittelwerte mit Standardabweichung)

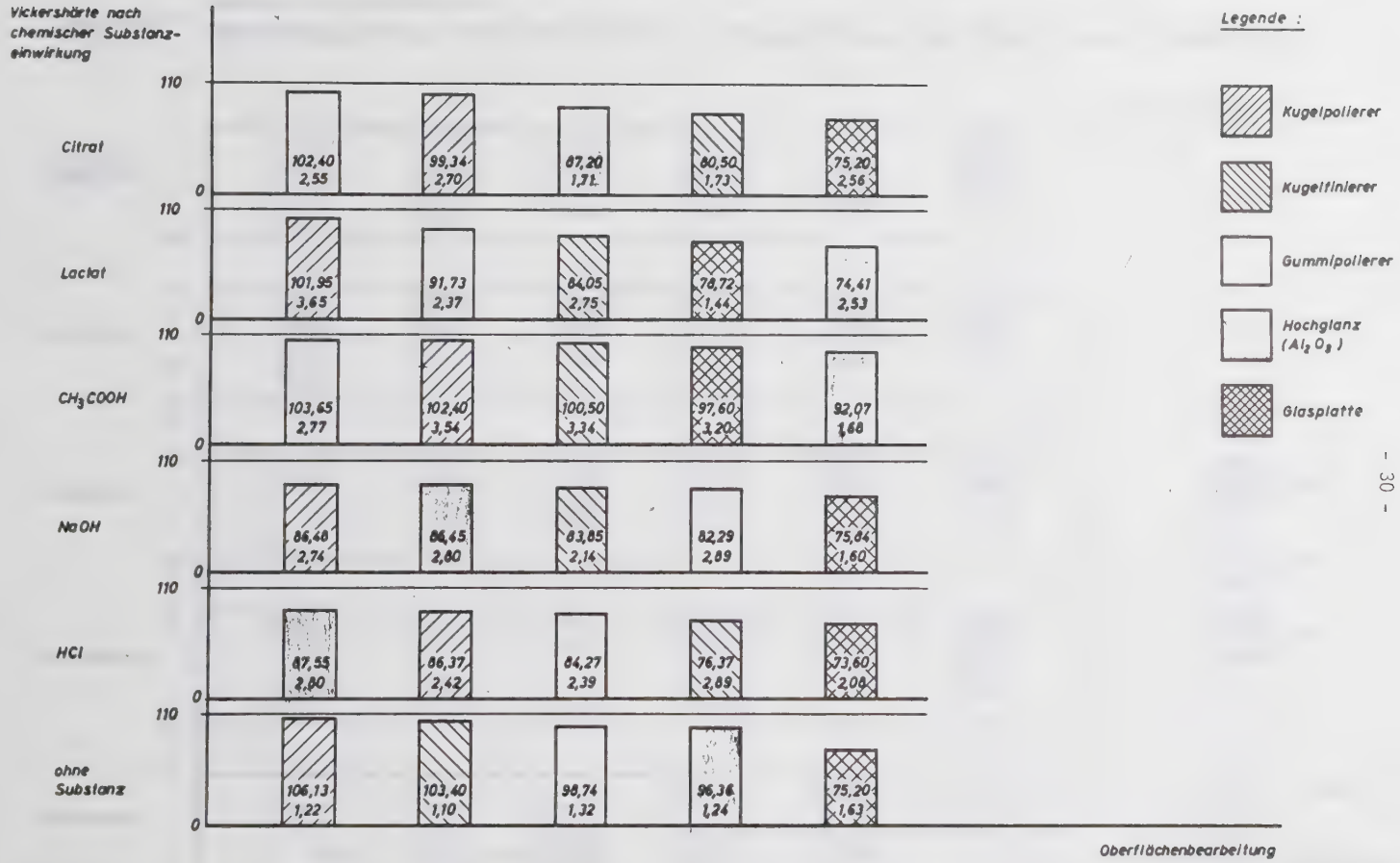


Abb.: 9 *Vickershärte der Amalgamproben in Abhängigkeit der Oberflächenbearbeitung*

(Mittelwerte mit Standardabweichung)

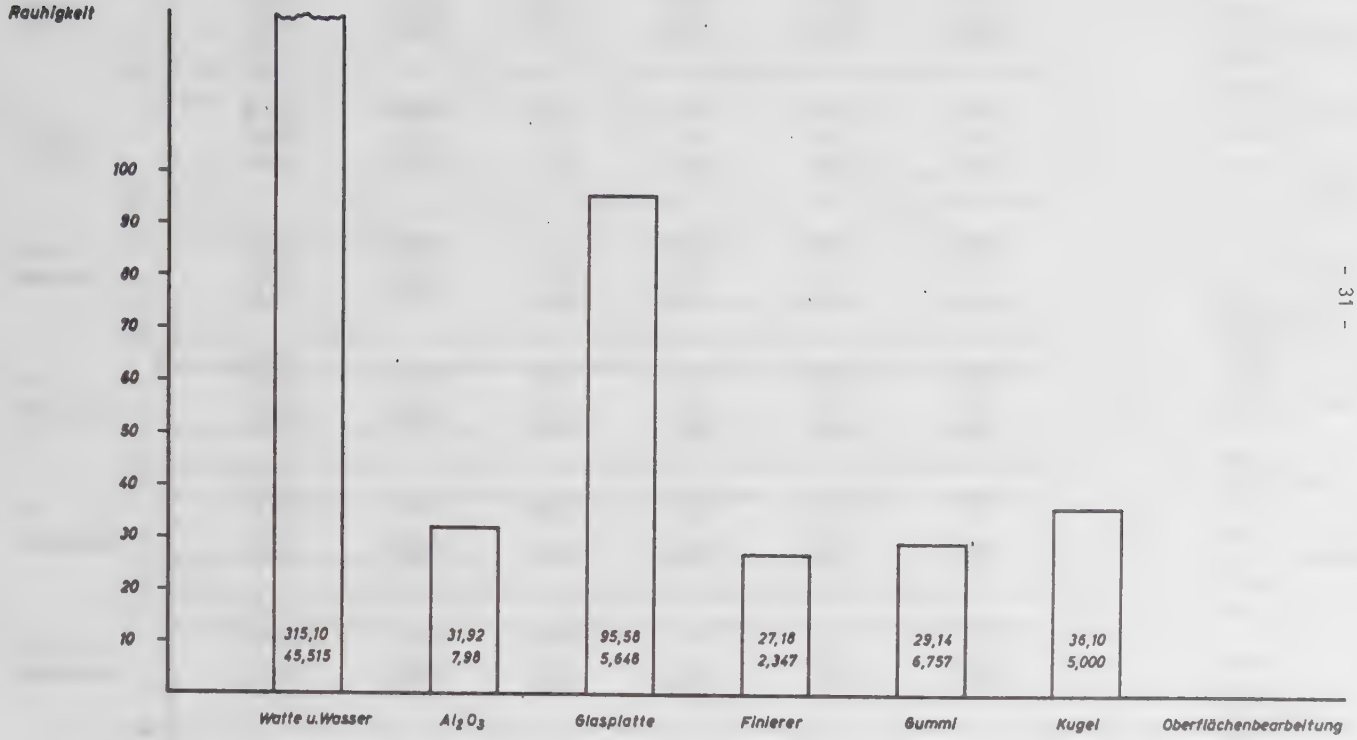


Abb.:10 *Rauhigkeit in Abhängigkeit der Oberflächenbearbeitung*

(Mittelwerte mit Standardabweichung)

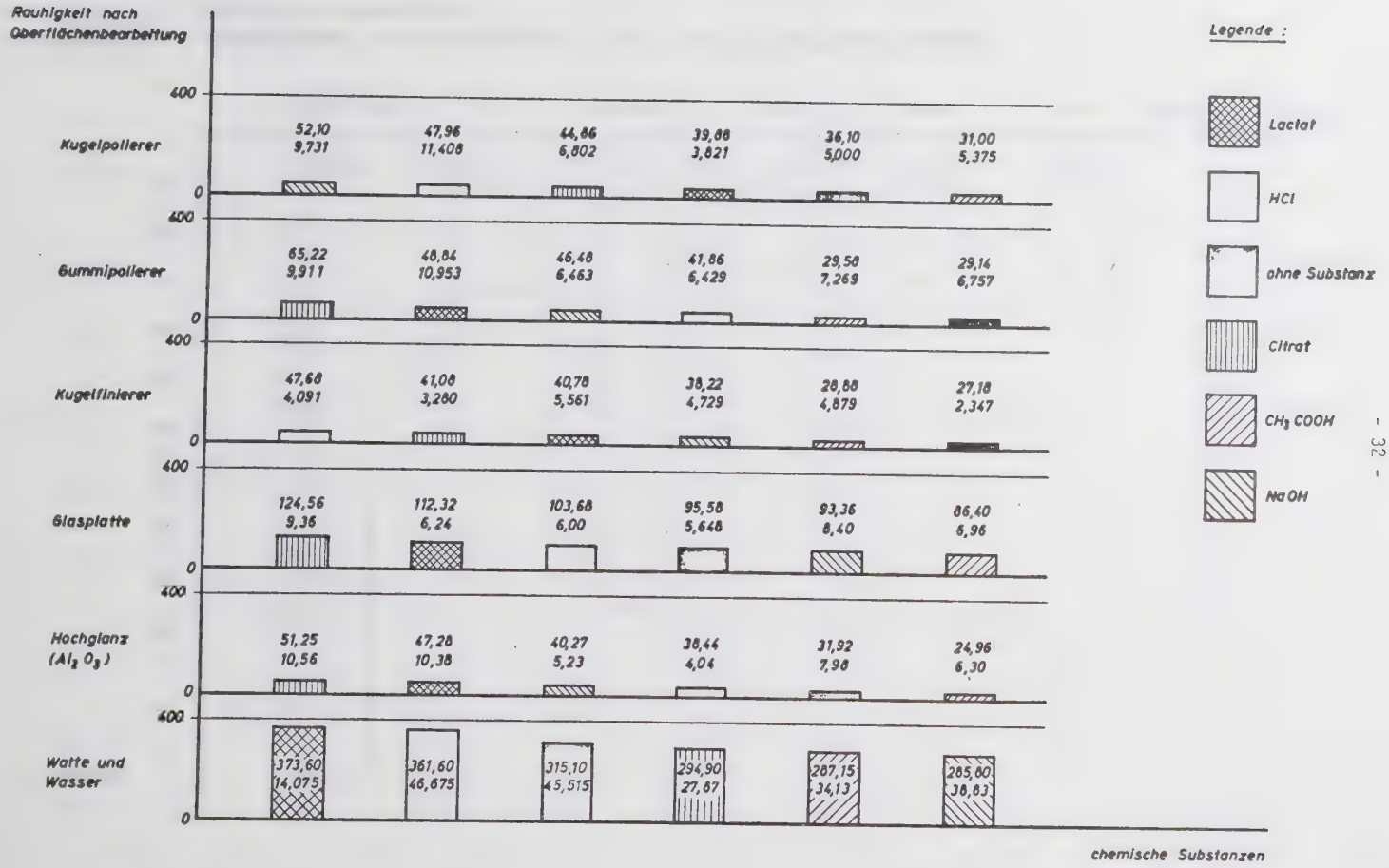


Abb.: 11 Rauhigkeit der Amalgamproben in Abhängigkeit der chemischen Substanzen

(Mittelwerte mit Standardabweichung)

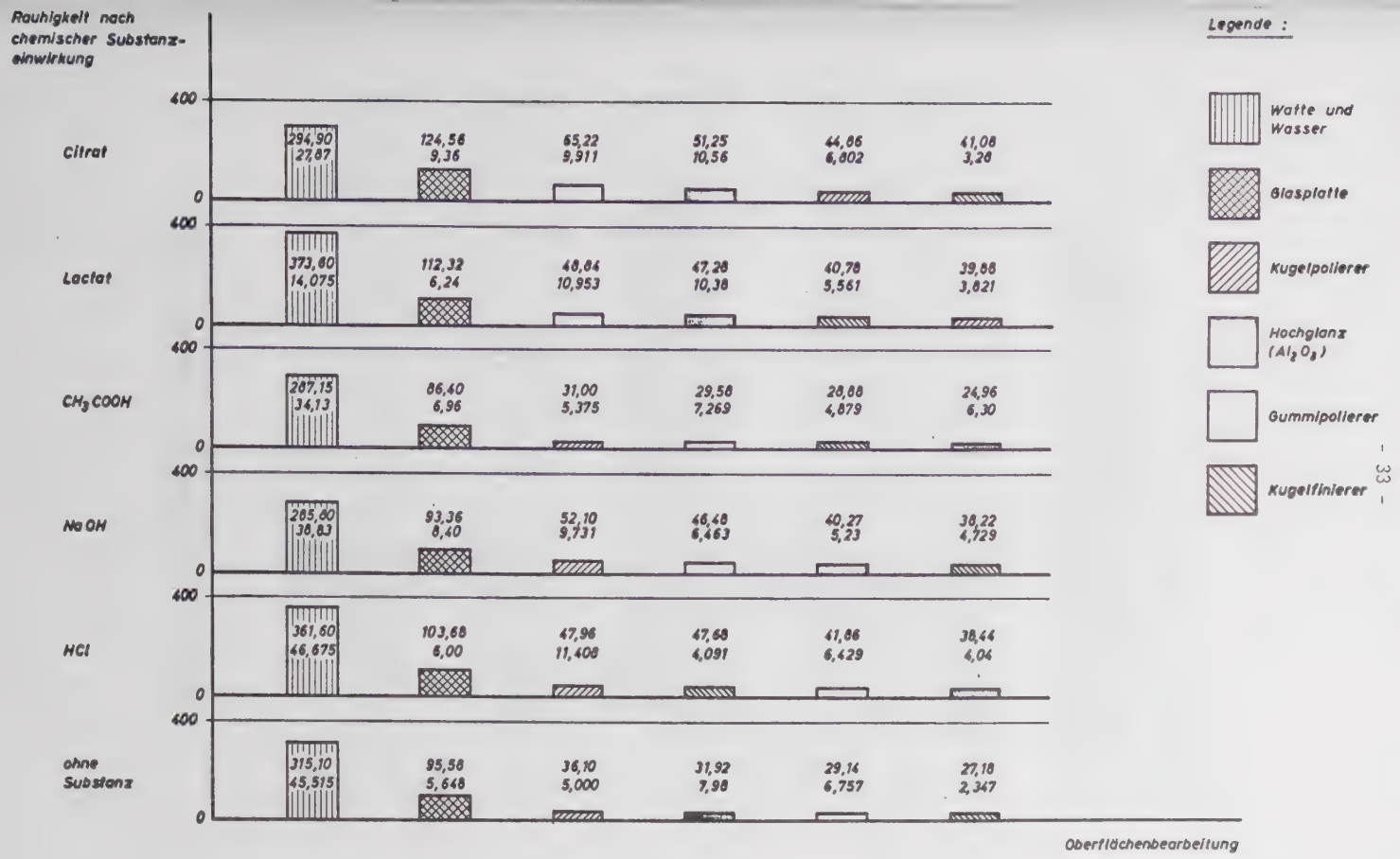


Abb.: 12 *Rauhigkeit der Amalgamproben in Abhängigkeit der Oberflächenbearbeitung*

(Mittelwerte mit Standardabweichung)

F) Ergebnisse des Nachversuches

Dieser Versuch wurde angeschlossen, da die Glasplattenseite vergleichbar ist mit der Approximalfläche mehrflächiger Amalgamfüllungen, die mit Hilfe einer Matrize gestopft wurden. Es interessiert, wie sich Härte und Rauhigkeit nach Einwirkung chemischer Substanzen verändert.

ohne Substanz	95,58
	5,648
HCl	103,68
	6,000
NaOH	93,36
	8,400
CH_3COOH	86,40
	6,960
Lactat	112,32
	6,240
Citrat	124,56
	9,360

Tab. 17: Mittelwerte mit Standardabweichung der planimetrierten Rauhigkeit mit und ohne Einwirkung chemischer Substanzen auf die Glasplattenseite einer Amalgamfläche

ohne Substanz	75,20
	1,630
HCl	73,60
	2,080
NaOH	75,84
	1,600
CH_3COOH	97,60
	3,200
Lactat	78,72
	1,440
Citrat	75,20
	2,560

Tab. 18: Mittelwerte mit Standardabweichung der Diagonalenlänge mit und ohne Einwirkung chemischer Substanzen auf die Glasplattenseite einer Amalgamfläche

V. DISKUSSION

In der vorliegenden Arbeit ist untersucht worden, inwieweit sich unterschiedliche Oberflächenbearbeitungen von gestopftem Amalgam auf die Widerstandsfähigkeit seiner Oberflächenschicht gegenüber mechanischen bzw. chemischen Einflüssen auswirken.

Die sog. Politur einer Amalgamfüllung wird von den meisten Autoren gefordert, die sich mit dem Werkstoff Amalgam beschäftigt haben. Die Politur bezweckt eine Materialveredelung. Sie dient der Verbesserung und der Schaffung glatter Obergänge zwischen Füllung und Zahn. Sie soll die Möglichkeit elektrolytischer Effekte und damit eine Korrosion vermindern. Weiterhin umfaßt sie die Verhütung Sekundärkaries, die Verhinderung der Belagsbildung, Verfärbung und Retention von Speiseresten. Die sorgfältige Politur führt nach RIETHE (23) zu einer beträchtlichen Härtesteigerung. Außerdem ist sie aus kosmetischen und ästhetischen Gründen angezeigt.

Die in der Literatur oft zitierte Aussage, eine Politur erhöhe die Härte in der obersten Schicht einer Amalgamfüllung, konnte in der vorliegenden Studie nicht bestätigt werden. Die größte Oberflächenhärte wurde nicht bei der mit Al_2O_3 auf Hochglanz polierten Amalgamfüllung gemessen. Ihre Vickershärte lag bei $96{,}36 \pm 1{,}24$.

Nur die mit dem Gummipolierer bearbeitete Oberfläche wies etwa den gleichen Wert auf. Sowohl die mit dem Finierer, als auch die noch zusätzlich mit der Stahlkugel bearbeiteten Amalgamfüllungen unterschieden sich statistisch signifikant von der auf Hochglanz polierten Amalgamschicht. Beide waren härter als diese Referenzschicht.

Die dem Kavitätenboden aufliegende Schicht Amalgam wies nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen eine statistisch hoch signifikant geringere Härte auf als die Oberflächenschicht.

Die Härte von Amalgam kann auch bei Verwendung gleichen Materials in Abhängigkeit von der Anrührzeit, dem Stopfdruck, von Verunreinigungen und anderen Imponderabilien variieren. Deswegen wurde versucht, möglichst reproduzierbar zu arbeiten. Wie unter dem Abschnitt Material und Methodik ausgeführt wurde, waren alle Amalgamproben unter standardisierten Bedingungen verarbeitet worden.

Die Rauhigkeitsmessungen unterschiedlich bearbeiteter Amalgamoberflächen führte zu einem unerwarteten Ergebnis. Die Rauhtiefe des auf Hochglanz polierten Amalgams unterschied sich bei den Messungen nicht von der Rauhtiefe des mit Finierer, Gummipolierer oder der Stahlkugel bearbeiteten Amalgams. Die Erklärung für das optisch unterschiedliche Aussehen der einzelnen Oberflächen mag darin liegen, daß sich zwar die Rauhtiefe nicht unterscheidet, wohl aber die Anzahl der zu messenden Oberflächenporen.

Statistisch hoch signifikant unterschied sich die Rauhtiefe der nur mit Wasser und Watte bearbeiteten Oberfläche. Sie wies gegenüber der polierten Oberfläche um den Faktor 10 erhöhte Werte auf. Diese Art der Oberflächenbearbeitung scheint zu einer nicht mehr vertretbaren Erhöhung der Retentionskapazität einer Amalgamfüllung zu führen. Von ihrer Anwendung muß auch nach den Ergebnissen dieser Arbeit abgeraten werden.

Die Rauhigkeit der dem Kavitätenboden aufliegenden Schicht liegt wesentlich über der einer polierten Amalgamoberfläche. Die eingeschlossenen Luftporen könnten dafür verantwortlich gemacht werden. Klinisch ist diese reduzierte Oberflächenglätte jedoch nicht von Bedeutung, da der Kavitätenboden vom Mundhöhlenmilieu ohnehin hermetisch abgeschlossen sein sollte.

Im zweiten Teil der Arbeit war versucht worden, den Einfluß einiger chemischen Substanzen auf Härte und Rauhigkeit unterschiedlich bearbeiteter Amalgamoberflächen zu untersuchen.

Als wesentliches Ergebnis stellte sich dabei heraus, daß organische und anorganische Substanzen ungleichmäßig auf die Härte und Rauhigkeit des Werkstoffes Amalgam zu wirken scheinen. Mit

Ausnahme der der Glasplatte gegenüberliegenden Amalgamfläche erniedrigten sich die Meßwerte der Vickershärte trotz der unterschiedlichen Ausgangswerte signifikant. Als weniger aggressiv, teilweise sogar härtesteigernd, erwiesen sich die organischen Substanzen. Besonders unter dem Einfluß der Essigsäure erhöhte sich die Härte bei einigen Proben gegenüber den Referenzwerten. Das waren jeweils die Werte, die an Proben gemessen wurden, die nicht chemischen Substanzen ausgesetzt worden waren.

Nicht so aggressiv zeigte sich die Essigsäure beim Einfluß auf die Rauhtiefe nach Einwirken auf die unterschiedlich bearbeiteten Amalgamoberflächen. Während die anorganischen Substanzen keinerlei signifikante Änderung der Rauhtiefe zu verursachen scheinen, zeigte sich die Zitronensäure als besonders wirksam. Sie erhöhte die Rauhigkeit bei 80 % der Proben, wenn die nur mit Wasser und Watte bearbeitete Oberfläche außer Betracht bleibt. Da sie gleichzeitig auch die Oberflächenhärte teilweise zu vermindern vermag, muß ihr ein besonders nachteiliger Effekt auf die mechanischen Eigenschaften einer Amalgamfüllung zugesprochen werden.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie weisen darauf hin, daß unterschiedliche Oberflächenbearbeitung von Amalgamfüllungen nicht unbedingt zu veränderten mechanischen und chemischen Eigenschaften des Füllungsmaterials führen müssen. Die sogenannte Glättung der Oberfläche mit Wasser und Watte dürfte jedoch äußerst nachteilig sein.

Eine Veränderung der Widerstandsfähigkeit der Amalgamoberfläche scheint unabhängig von der Art der Politur im Laufe der Liegedauer durch den Einfluß chemischer Substanzen zu erfolgen. Einige anorganische Substanzen, zumindest Salzsäure und Natronlauge, scheinen die Oberflächenhärte nachteilig zu beeinflußen. Essigsäure hingegen scheint die Härte zu steigern. Um welchen Wirkungsmechanismus es sich dabei handelt, kann jedoch nach der vorliegenden Versuchsanordnung nicht beurteilt werden. Da im allgemeinen stärker dissoziierte anorganische Lösungen in der Mundhöhle nicht vorkommen, kann davon ausgegangen werden, daß Amalgamfüllungen auch durch den Einfluß organischer Substanzen nachträglich noch eine Veredelung erfahren können.

VI. ZUSAMMENFASSUNG

Die Politur einer Amalgamfüllung wird von den meisten Autoren gefordert, da sie den Werkstoff veredelt, einen besseren Randschluß zwischen Zahn und Füllung schafft und dadurch die Sekundärkaries und Belagsbildung vermindert.

In dieser Studie wurde untersucht, ob durch verschiedene Oberflächenbearbeitungen das Amalgam in seiner Härte und Rauhigkeit verändert werden kann und sich damit auch gegenüber der Einwirkung chemischer Substanzen anders verhält als unbearbeitetes.

Als Ergebnis zeigte sich, daß die mit Finierer als auch zusätzlich mit Stahlkugel bearbeiteten Amalgamoberflächen statistisch signifikant härter waren als die nur mit Al_2O_3 bearbeiteten. Die Härte am Kavitätenboden war geringer im Vergleich zur Oberfläche.

Die Rauhigkeitsmessungen ergaben ähnliche Werte bei den mit Finierer, Gummipolierer oder Stahlkugel bearbeiteten Oberflächen. Nur die mit Wasser und Watte geglätteten Amalgamproben ergaben stark erhöhte Werte, desgleichen auch die dem Kavitätenboden aufliegende Schicht.

Im zweiten Teil der Arbeit stellte sich heraus, daß organische und anorganische Substanzen Härte und Rauhigkeit ungleichmäßig beeinflussen. Als weniger aggressiv, teilweise sogar härtesteigernd erwiesen sich die organischen Substanzen im Gegensatz zu den anorganischen. Während die anorganischen Substanzen keinerlei signifikante Änderung der Rauhtiefe zu verursachen scheinen, zeigte von den organischen speziell die Zitronensäure bei 80 % der Proben erhöhte Werte.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie weisen darauf hin, daß unterschiedliche Oberflächenbearbeitung von Amalgamfüllungen nicht unbedingt zu veränderten mechanischen und chemischen Eigenschaften des Füllungsmaterials führen müssen. Die Glättung der gelegten Füllung nur mit Wasser und Watteküglelchen dürfte jedoch äußerst nachteilig sein.

Herrn Privatdozent Dr. med. dent. W. Wiedemann darf ich für die freundliche Oberlassung des Themas und seine wertvollen Hinweise bei der Ausarbeitung der Studie herzlich danken.

Herrn Direktor Professor Dr. med. dent. R. Naujoks spreche ich meinen Dank aus für die Obernahme des Korreferats.

VII. LITERATURVERZEICHNIS

1) Beylby, H.
Metallografie.
Verlag S. Barth (1914)

2) Eichner, K.
Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung.
Dr. Alfred Hüthig Verlag GmbH, Heidelberg (1974)

3) Fenchel, A.
Die Gefährlichkeit des Quecksilberdampfes aus Amalgamfüllungen.
Zahnärztl. Rdsch., Berlin, 35, 385 (1926)

4) Gaylor, M.I.V.
Dental Amalgam.
J. Inst. Metals 60, 407 (1937)

5) Hopkins, H.G.
Trans. Faraday Soc. 31, 1095 (1935)

6) Jørgensen, K.D.
Amalgame in der Zahnheilkunde.
Carl Hanser Verlag, München/Wien (1977)

7) Jørgensen, K.D.
The marginal fracture of Amalgam fillings.
Acta odont. Scand. 23, 347 (1965)

8) Jørgensen, K.D., Esbensen, A.L., Borring-Møller, G.
The effect of porosity and mercury content upon the strength of silver Amalgam.
Acta odont. Scand. 24, 535 (1966)

9) Jørgensen, K.D. und Nielsen M.R.
The influence of the condensation pressure upon crushing strength and mercury Amalgam.
Acta odont. Scand. 22, 539 (1964)

10) Jørgensen, K.D., Otani, H., Kanai, S.
Temperaturens betydning for dentale amalgamers brudstyrke.
Tandlaegebladet 68, 311 (1964)

11) Jørgensen, K.D., Saito, T.
Structure and corrosion of dental Amalgam.
Acta odont. Scand. 28, 129 (1970)

12) Kanatake, T., Sato, T., Hasezawa, T., Hasezawa, J., Takahashi, S.
Heat resistant properties of the dental Amalgam. (Report I)
Shikwa gakuho 60, H. 11/12, 1 (1960)

13) Kropp, R.
Degussa Brief Nr. 41 (1970)

14) Lees, C.S.
Trans. Faraday Soc. 31, 1102 (1935)

15) De Liver, C.
Inaugural-Dissertation, Utrecht (1932)

16) Loebich, O.
Welche Festigkeit muß eine Amalgamfüllung haben?
Zahnärztl. Rdsch., Berlin, 50, 22 (1931)

17) Loebich, O. und Nowack, L.
Die Eigenschaften der Plombenamalgame und ihre Untersuchungsmethoden.
Dtsch. zahnärztl. Wschr., München, 31, 843 (1928)

18) Luiz, C., Teixeira, Kammermeyer, K., Wallace, W.J.
Printing of mercury distribution on surface of dental Amalgams.
J. Amer. Dent. Ass., Chicago, 81, 1159 (1970)

19) Okamoto, K.
Some factors affecting the flow of dental Amalgams.
Shikwa gakuho 62, 282 (1962)

20) Phillips, R.W.
Compressive strength of Amalgam as related to time.
J. Dent. Res., Baltimore, 28 (1949)

21) Phillips, R.W., Marjorie, L., Swartz, B.S. und Rieth Boozayaangool, D.D.S.
Effect of moisture contamination on the compressive strength of Amalgam.
J. Amer. Dent. Ass., Chicago, 49, 436 (1954)

22) Riethe, P.
Die Quintessenz der Amalgamanwendung.
Berlin, 62 (1971)

23) Riethe, P.
Die Quintessenz der Mundhygiene.
Quintessenz, Berlin (1974)

24) Riethe, P.
Die Praxis der Amalgamfüllung.
Dtsch. Zahnärztebl. 20, 220 (1966)

25) Riethe, P.
Die Verarbeitung plastischer Füllungsmaterialien in Praxis der Zahnheilkunde. (Band I)
Urban und Schwarzenberg, München, 21-24 (1968)

26) Sarkar, N.K., Marshall, G.W., Moser, J.B. und Greener, E.H.
In vivo and in vitro corrosion products of dental Amalgam.
J. Dent. Res., Baltimore, 54 (5), 1031-1038 (1975)

27) Sato, T.
An experimental study on the thermal change of dental Amalgam in the mouth.
Shikwa gakuho 61, 17 (1961)

28) Sauerwein, E.
Die abschließende Bearbeitung der Füllungsoberfläche in
Der kariöse Defekt im vitalen Zahn und seine Behandlung.
(1953)

29) Schoch, P., Loebich, O.
Porosität unserer Amalgamfüllungen.
Dtsch. zahnärztl. Z. 10, 785 (1955)

30) Skinner, E.W.
Science of dental materials; ed. 3.
W.R. Saunders p.302, Philadelphia (1946)

31) Souder, W., Sweeney, J.T.
Is mercury poisonous in dental Amalgams restoration?
Dent. Cosmos, Philadelphia, 73, 1148 (1931)

32) Stock, A.
Die Gefährlichkeit des Quecksilberdampfes und der Amalgame.
Med. Klin. 22, 1209, 1250 (1926)

33) Sutfin, L.V., Ogilvie, R.E.
Scanning electron microscopy and energy dispersion micro-analysis of metallographically polished dental Amalgam surfaces.
J. Dent. Res., Baltimore, 51, 1048, 72, 15 R N 4 (1972)

34) Wagner, E.
Beitrag zur Klärung des Korrosionsverhaltens der Silber-Zinn-Amalgame.
Dtsch. zahnärztl. Z. 17, 99 (1962)

35) Witzel, A.
Das Füllen der Zähne mit Amalgam.
Berlin (1899)

LEBENSLAUF

	Rosa Gertrude Banschbach, geb. Eck 16. 4. 1949 Weilbach (Landkreis Miltenberg)
Eltern	Hilde Eck, geb. Hauck 6. 2. 1925 Albert Eck, 1. 10. 1920

Schulische und berufliche Ausbildung

1955 - 1961	Volksschule Weilbach
1961 - 1963	Mädchenmittelschule Amorbach
1963 - 1965	Höhere Handelsschule Walldürn Abschluß: Mittlere Reife
1965 - 1967	Fa. Glanzstoff AG, Obernburg
1967 - 1968	Haushaltungsschule, Miltenberg
1968 - 1969	"Au pair", Altrincham, Cheshire-England Abschluß: Lower Cambridge Certificate
1969 - 1970	Angestellte Deutsche Bundespost, Fernmeldeamt, Frankfurt
1970 - 1972	Kontoristin Fa. Robert Bosch GmbH, Berlin
1972 - 1974	Schülerin Fachoberschule für Wirtschaft und Verwaltung, Berlin Abschluß: Fachhochschulreife
1974 - 1975	Studium Anglistik und Geographie mit kleiner Matrikel an der technischen Universität, Berlin, gleichzeitig Begabtenabitur beim Senator für Schulwesen, Berlin
1975 - 1981	Studium der Zahnmedizin Universität, Würzburg
11. 2. 1981	Abschluß zahnärztliches Staatsexamen
10. 7. 1970	Eheschließung mit Willibald Banschbach, geb. 30. 5. 1947 Miltenberg
10. 12. 1980	Geburt der Tochter Claudia Katharina

Rosa Banschbach